

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BUDOVY PENZIONU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Vypracoval:

Michal Bohůnek

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BUDOVY PENZIONU

**HEATING AND VENTILATION IN THE
GUESTHOUSE**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bohůnek

Jméno: Michal

Osobní číslo: 438024

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov (K11125)

Studijní program: Stavební inženýrství (B3651)

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb (3608R008)

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání budovy penzionu

Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation in the guesthouse

Pokyny pro vypracování:

Část studie: interní mikroklima, normová kritéria a varianty zdrojů a otopných systémů u ubytovacích prostor.

Část projektová: zpracovaná na stupni DPS - výpočet tepelných ztrát, návrh otopné soustavy, výkresy půdorysů a řezů, dimenzování, technická zpráva, technické listy od použitých zařízení.

Seznam doporučené literatury:

POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění

KABELE, Karel. Technická zařízení budov: vytápění - podklady pro cvičení

KABELE, Karel. 2005. Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2019
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vytápění a větrání budovy penzionu“ vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího práce doc. Ing. Vladimíra Jelínka, CSc. Zdroje, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....Michal Bohůnek

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce
doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc., za věnovaný čas, cenné rady a trpělivost při vedení
bakalářské práce.

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je komplexní návrh vytápění a větrání v objektu penzionu v Praze včetně návrhu vhodných zdrojů tepla. Podle výpočtové části byl navržen komplexní systém, který zajistí vytápění, větrání a chlazení budovy vzhledem k nárokům na interní mikroklima prostředí budovy. Součástí projektu je zónování objektu, výpočet požadované potřeby vzduchu pro jednotlivé místnosti, návrh distribučních prvků a vzduchotechnických jednotek a výpočet tlakových ztrát dle dimenze potrubí. Projekt je navržen podle platných předpisů a norem.

Klíčová slova

Vytápění, zdroje tepla, vzduchotechnika

Annotation

This bachelor thesis is a complex design of heating and ventilation system in the building of the guesthouse in Prague, including the design of suitable heat sources. Based on the computational part, a complex system was designed to provide heating, ventilation and cooling of the building in compliance with the requirements for the internal microclimate of the building. The project includes zoning of the building, calculation of the air demand of individual rooms, selection of distribution elements and air handling units and calculation of pressure losses based on the pipe dimension. The project is designed according to applicable regulations and standards.

Keywords

Heating system, heat sources, ventilation system

Obsah

Anotace	5
Klíčová slova	5
Annotation	5
Keywords	5
Úvod.....	8
1. Tepelně technická kritéria.....	9
1.1 Vnější výpočtová teplota.....	9
1.2 Vnitřní výpočtová teplota.....	10
1.3 Obvodový plášť budovy.....	11
2. Výpočtové vztahy	12
2.1 Tepelné ztráty.....	12
2.1.1 Tepelné ztráty prostupem.....	12
2.1.2 Tepelné ztráty větráním	13
2.2 Tepelné zisky	13
2.2.1 Tepelné zisky z vnitřního prostředí	14
2.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí.....	15
2.3 Potřeba vzduchu	18
2.3.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu	19
2.3.2 Výpočet množství přiváděného vzduchu	19
3. Interní mikroklima	20
3.1 Hodnocení interního mikroklimatu	20
3.2 Tepelně-vlhkostní mikroklima	21
3.3 Odérové mikroklima	21
3.4 Akustické mikroklima.....	22
3.5 Mikrobiální mikroklima	22
3.6 Ionizační mikroklima	23

3.7	Aerosolové mikroklima.....	23
4.	Varianty zdrojů otopných systémů pro obytná zařízení	24
4.1	Kotle.....	24
4.2	Fototermické kolektory	28
4.3	Tepelná čerpadla	29
5.	Teplovzdušné vytápění	30
5.1	Výměník ZZT.....	31
	Závěr	32
	Seznam použitých zdrojů.....	33
	Seznam tabulek	34
	Seznam obrázků	35
	Seznam příloh	36

Úvod

Předmětem této bakalářské práce je komplexní návrh vytápění a větrání v objektu penzionu v Praze včetně návrhu vhodných zdrojů tepla. Práce je rozdělena na teoretickou část a praktickou část vlastního komplexního návrhu.

Teoretická část bakalářské práce poukazuje na vstupní tepelně technické parametry budov pro ubytování, k výpočtu tepelné ztráty objektu. Dále jsou v této části uvedeny výpočtové vztahy pro návrh otopného systému, což znamená výpočet tepelné ztráty, tepelných zisků objektu a výpočet potřeby vzduchu. Navazující část se věnuje parametrům interního mikroklima a jejich hodnocení pro objekty ubytovacího charakteru. Dále jsou zde uvedeny varianty zdrojů otopných systémů pro obytná zařízení. Uvedené varianty zdrojů využívají obnovitelných, tak i neobnovitelných zdrojů energie. U všech variant zdrojů je provedeno jejich celkové zhodnocení z hlediska ekologického, finančního a dále také z hlediska nutnosti obsluhy a schopnosti regulace. V závěru práce je prezentován princip fungování teplovzdušného vytápění, který byl posléze navržen jako hlavní otopný systém.

Praktická část bakalářské práce představuje projekt návrhu vytápění a větrání v objektu penzionu v Praze včetně návrhu vhodných zdrojů tepla, který je zpracovaný v podrobnosti projektové dokumentace pro provádění stavby. Na základě identifikace vhodných prvků systému a následně provedených výpočtů (viz „výpočtová část“) byl navržen komplexní systém, který zajistí vytápění, větrání a chlazení budovy s ohledem na nároky kladené na interní mikroklima prostředí budovy. Součástí projektu je zónování objektu, výpočet požadované potřeby vzduchu pro jednotlivé místnosti, návrh distribučních prvků a vzduchotechnických jednotek a výpočet tlakových ztrát ve vazbě na dimenzi potrubí. Projekt je navržen podle platných předpisů a norem.

1. Tepelně technická kritéria

1.1 Vnější výpočtová teplota

Významným faktorem pro návrh tepelné ztráty objektu je venkovní výpočtová teplota lokality, kde se daný objekt nachází. Venkovní teplota je velmi proměnná a pro jednotlivé lokality je odvozena z dlouhodobých průměrů měření nejchladnějších dnů. V tabulce venkovních výpočtových teplot a délek otopných období se uvádí hodnoty teplot a počtu dní v jednotlivých lokalitách. U některých oblastí je zohledněno zvýšené zatížení větrem.[8], [13]

Tabulka č. 1 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [10]

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^{\circ}$		$t_{em}=13^{\circ}$		$t_{em}=15^{\circ}$	
	h	t_e	t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288
Děčín (Březiny,Libverda)	141	-12	3,8	225	4,2	236	5,5	269
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284

Kde: t_{em} [°C] – střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

T_{es} [°C] – střední venkovní teplota za otopné období

d [dny] – počet dnů otopného období

v – značí větrnou oblast

Obecně lze konstatovat, že se Česká republika rozděluje do třech výškových pásem, podle kterých venkovní výpočtová teplota v případě vyšší nadmořské výšky místa objektu může snížit. [13]

Tabulka č. 2 – Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku [10]

Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku		
Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	
	t_e	Snížená venkovní výpočtová teplota
	[°C]	
nad 400 m n.m.	-12	-15
nad 600 m n.m.	-15	-18
nad 800 m n.m.	-18	-21

1.2 Vnitřní výpočtová teplota

Teplota ve vytápěných místnostech

Tabulka udává hodnoty vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12 831 a relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 pro jednotlivé místnosti budov pro ubytování. [13]

Tabulka č. 3 – Vnitřní výpočtové teploty a doporučené relativní vlhkosti vzduchu [13]

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		t_i [°C]	φ_{air} [%]
6.	Hotely a restaurace		
	pokoje pro hosty	20	60
	koupelny	24	90
	hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály	20	60
	hlavní schodiště	15	70
	kuchyně	24	80
	vedlejší místnosti (chodby, klobuky, aj.)	15	70
	vedlejší schodiště	10	70

Teplota přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím

Dle normy ČSN 06 030 si můžeme z tabulky stanovit teplotu přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím.

Tabulka č. 4 – Teplota přilehlé zeminy [13]

Poloha přilehlé zeminy	Teplota přilehlé vrstvy t_{ez} [°C] při venkovní výpočtové teplotě t_e [°C]			
	-12	-15	-18	-21
Pod podlahou	+5	+5	+5	+5
U svislé stěny do hloubky 1 m	-3	-3	-6	-6
U svislé stěny v hloubce 1 až 2 m	0	0	-3	-3
U svislé stěny v hloubce 2 až 3 m	+3	+3	0	0
U svislé stěny v hloubce přes 3 m	+5	+5	+5	+5

Kategorizace vnitřního prostředí

Vnitřní prostředí dle ČSN EN 15 251 lze rozdělit do čtyř kategorií podle požadavků na kvalitu vzhledem k úrovni očekávání osob.

Tabulka č. 5 – Kategorizace vnitřního prostředí [13]

Kategorie	Popis
I	Vysoká úroveň očekávání, doporučená pro prostory obsazené velmi citlivými osobami s křehkým zdravím a se zvláštními požadavky, např. osoby postižené, nemocné, velmi malé děti a starší osoby.
II	Běžná úroveň očekávání. Vhodné využití pro nové budovy a rekonstrukce.
III	Přijatelná až střední úroveň očekávání. Použitelná pro stávající budovy.
IV	Hodnoty mimo kritéria kategorie III. Použitelná pouze pro omezenou část roku.

Teplotní rozsahy v místnostech obytných budov

Rozsah teplot vzduchu v interiéru v obytných budovách dle kategorizace vnitřního prostředí v závislosti na tepelném odporu oděvu.

Tabulka č. 6 – teplotní rozsahy v místnostech obytných budov dle ČSN EN 15 251 [13]

	Kategorie	Teplotní rozsah pro vytápění [°C], oděv 1,0 clo	Teplotní rozsah pro chlazení [°C], oděv 0,5 clo
Obytné budovy – obytné místnosti, osoby vsedě 1,2 met	I	21–25	23,5–25,5
	II	20–25	23,0–26,0
	III	18–25	22,0–27,0
Obytné budovy – ostatní místnosti, osoby stojící a přecházející 1,5 met	I	18–25	–
	II	16–25	–
	III	14–25	–

1.3 Obvodový plášť budovy

Zásadní vliv na energetickou náročnost budovy a potřebu tepla na vytápění má součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí. V současné době jsou tyto nároky velice sledovány a neustále se zvyšují. Mají totiž zásadní vliv na ekologii a provozní náklady budov. Dle návrhu obvodového pláště a jeho součinitele prostupu tepla můžeme objekty kategorizovat do nízkoenergetického nebo pasivního standardu. Požadavky na normové hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí nám udává norma ČSN 73 0540-2. [13]

Tabulka č. 7 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} 18 až 22 °C včetně [13]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} K^{-1}$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3	těžká 0,25 lehká 0,20	0,18–0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,30	0,20	0,18–0,12
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15–0,10
Výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8–0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9

2. Výpočtové vztahy

2.1 Tepelné ztráty

Tepelnou ztrátu objektu vyjadřuje tepelný tok mezi vnitřním prostředím budovy a venkovním prostředím při stanovených podmínkách. Tepelné ztráty objektu počítáme pro zimní návrhový stav pro jednotlivé místnosti v objektu zvlášť. Okrajové podmínky výpočtu vychází z normy ČSN EN 12 831. Celková tepelná ztráta Q_c se rovná součtu tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním. [14]

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad [W]$$

kde: Q_ccelková tepelná ztráta [W]

Q_ptepelná ztráta prostupem [W]

Q_vtepelná ztráta větráním [W]

2.1.1 Tepelné ztráty prostupem

Q_p vzniká v důsledku rozdílu teplot v místnosti a vně a vychází z přenosu tepla prostupem jednotlivými ohraničujícími konstrukcemi. [14]

$$Q_p = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_{u,k} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

kde: A_iplocha konstrukce [m²]

U_isoučinitel prostupu tepla konstrukce včetně tepelných mostů
[W/m²·K]

$b_{u,i}$ činitel teplotní redukce [-]

$$b_{u,i} = \frac{\theta_i - \theta_{u,i}}{\theta_i - \theta_e}$$

θ_i vnitřní výpočtová teplota [°C]

$\theta_{u,i}$ výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [°C]

θ_evnější výpočtová teplota v zimě [°C]

2.1.2 Tepelné ztráty větráním

Q_v je tepelný tok, potřebný k ohřátí venkovního vzduchu vnikajícího do místnosti buď neřízeně infiltrací, nebo při podtlakovém nuceném větrání bez samostatně dohřívaného řízeného přívodu vzduchu. [14]

$$Q_v = V_i \cdot c_p \cdot \rho \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

kde: V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m³/h]

$$V_i = V_m \cdot n$$

V_m vnitřní objem místnosti [m³]

n intenzita výměny vzduchu [h⁻¹]

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu [Wh/(kg·K)]

ρ hustota vzduchu [kg/m³]

θ_i vnitřní výpočtová teplota [°C]

θ_e vnější výpočtová teplota v zimě [°C]

2.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky objektu počítáme pro letní návrhový stav v každé místnosti objektu zvlášť. Okrajové podmínky výpočtu vychází z vyhlášky č. 6/2003 Sb. Výpočet se obvykle provádí pro slunný den 21. července. Celkový tepelný zisk se rovná součtu

tepelných zisků od lidí, svítidel, elektroniky a ziskem z vnějšího prostředí průsvitnými a neprůsvitnými konstrukcemi.[11], [16]

$$Q_C^+ = Q_L + Q_{SV} + Q_E + Q_{OK} + Q_{OR} + Q_S$$

kde: Q_L tepelný zisk od lidí [W]

Q_{SV} tepelný zisk od svítidel [W]

Q_E tepelný zisk od přístrojů [W]

Q_{OK} tepelný zisk konvekci průsvitnou konstrukcí [W]

Q_{OR} tepelný zisk radiací průsvitnou konstrukcí [W]

Q_S tepelný zisk neprůsvitnou konstrukcí [W]

2.2.1 Tepelné zisky z vnitřního prostředí

Tepelná produkce lidí - Q_L

$$Q_L = n_1 \cdot Q_1 \cdot (36 - t_i) \quad [W]$$

kde: n_1 počet osob v místnosti [-]

Q_1 produkce citelného tepla osoby v závislosti na jeho činnosti [W]

t_i teplota interiéru místnosti [°C]

$$n_1 = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m \quad [-]$$

kde: n_m počet mužů [-]

n_z počet žen [-]

n_d počet dětí [-]

Tepelná produkce svítidel - Q_{SV}

$$Q_{SV} = P \cdot A \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W]$$

kde: P měrný příkon svítidel [W/m²]

A osvětlená plocha místnosti [m²]

c_1 součinitel současnosti používání svítidel [-]

c_2 zbytkový součinitel [-]

Tepelná produkce přístrojů – Q_E

$$Q_E = \sum P \cdot c_1 \cdot c_3 \quad [W]$$

kde: P elektrický příkon zařízení [W]

c_1 součinitel současnosti zdroje tepla [-]

c_3 součinitel zatížení (využití) zařízení [-]

2.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Tepelný zisk okny konvekci - Q_{OK}

$$Q_{OK} = U_O \cdot S_O \cdot (t_e - t_i) \quad [W]$$

kde: U_O součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]

S_O plocha oken včetně rámu [m²]

t_e teplota exteriéru [°C]

t_i teplota interiéru [°C]

Tepelný zisk okny radiací – $Q_{OR,max}$

$$Q_{OR,max} = [S_{OS} \cdot I_{O,max} \cdot c_O + (S_O - S_{OS}) \cdot I_{ODIF}] \cdot s \quad [W]$$

kde: S_{OS} osluněný povrch okna [m²]

$I_{O,max}$ nejvyšší hodnota celkové intenzity sluneční radiace v řešeném dni [W/m²]

c_O korekce na čistotu atmosféry

S_O plocha oken včetně rámu [m²]

s stínící součinitel [-]

Tabulka č. 8 – intenzity sluneční radiace [11]

Datum	Směr	Celková intenzita sluneční radiace I_o [W/m ²] procházející oknem s jednoduchým zasklením a ocelovým rámem při průměrném znečištění atmosféry, pro 50° s.š																
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	ΣI_o	
21. července z = 5	S	45	87	80	100	117	130	139	141	139	130	117	100	80	87	45	1 537	
	SV	85	287	361	321	217	135	139	141	139	130	117	100	78	53	24	2 327	
	V	83	322	481	539	505	389	232	141	139	130	117	100	78	53	24	3 333	
	JV	41	180	335	452	511	506	437	316	185	130	117	100	78	53	24	3 465	
	J	24	53	78	128	230	335	409	435	409	335	203	128	78	53	24	2 922	
	JZ	24	53	78	100	117	130	185	316	437	506	511	452	335	180	41	3 465	
	Z	24	53	78	100	117	130	139	141	232	389	505	539	481	322	83	3 333	
	SZ	24	53	78	100	117	130	139	141	139	135	217	321	361	287	85	2 327	

Tabulka č. 9 – tabulka stínících součinitelů [11]

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
jednoduché sklo	1,00	vnitřní žaluzie, lamely 45° světlé	0,56
dvojitě sklo	0,90	vnitřní žaluzie, lamely 45° střední barvy	0,65
jednoduché determální sklo	0,70	vnitřní žaluzie, lamely 45° tmavé	0,75
vnější determální vnitřní obyčejné	0,60	vnější žaluzie lamely 45° světlé	0,15
reflexní sklo jednoduché, průměrná jakost	0,70	vnější žaluzie, lamely 45° ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
reflexní sklo dvojitě, špičkové výrobky	0,24	vnější markýzy meziprostor větrán	0,3
vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	meziokenní žaluzie prostor nevětrán	0,5
zdvojené reflexní sklo, dobré jakosti	0,30	reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,6
barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,8
barevné vrstvy stříkané střední	0,70	reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,7
reflexní folie tmavá	0,25		
reflexní folie světlá	0,42		
sklo s drátěnou vložkou	0,80		

Vliv akumulace stavebních konstrukcí

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

kde: ΔQ snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění [W]

M hmotnost obvodových stěn místnosti (bez vnější stěny), podlahy a stropu, které přicházejí v úvahu pro akumulaci [kg]

Δt maximální přípustné požadované překročené teploty v klimatizovaném prostoru [K]

Průměrné tepelné zisky radiací – Q_{orm}

$$Q_{orm} = \frac{\sum Q_{ori}}{n} \quad [\text{W}]$$

kde: Q_{ori} dílčí tepelné zisky radiací za dobu provozu řešeného prostoru v jednotlivých hodinách [W]

n doba provozu řešeného prostoru [h]

Výsledná hodnota tepelného zisku radiací

Porovnáním vypočítaných hodnot zvolíme vyšší hodnotu tepelného zisku radiací, se kterou budeme dále počítat. [11]

pokud: $Q_{OR,max} - \Delta Q < Q_{orm} \rightarrow$ dále se počítá s Q_{orm}

pokud: $Q_{OR,max} - \Delta Q > Q_{orm} \rightarrow$ dále se počítá s $Q_{OR,max} - \Delta Q$

Tepelný zisk neprůsvitnými konstrukcemi – Q_s

Pro stěny středně těžké ($80 \text{ mm} \leq d \leq 450 \text{ mm}$) – jsou to stěny, u nichž je třeba respektovat ovlivnění prostupu tepla kolísáním teplot. [11]

$$Q_s = U \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [\text{W}]$$

kde: U součinitel prostupu tepla materiálem [W/(m²K)]

S plocha konstrukce v kontaktu s exteriérem [m²]

t_{rm} průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [°C]

$t_{r\psi}$ rovníčenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [°C]

m součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-]

d tloušťka stěny [m]

$$t_{rm} = t_e + (\varepsilon \cdot I)/\alpha_e$$

kde: ε Součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci [-]

I intenzita sluneční radiace dopadající na stěnu [W/m²]

α_e součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny [W/(m²K)]

$$t_{r\psi} = t_{e,\psi} + (\varepsilon \cdot I)/\alpha_e$$

Hodnoty Ψ a m je možné určit z návrhových diagramů či pomocí přibližných vztahů:

$$\Psi = 32 d - 0,5$$

$$m = \frac{1 + 7,6 d}{2500^d}$$

kde: d tloušťka stěny [m]

2.3 Potřeba vzduchu

Návrh vzduchového výkonu závisí na mnoho parametrech – velikosti a typu místnosti, počtu osob v místnosti a jejich činnosti, požadavcích na kvalitu vzduchu atd. Vzduch přiváděný do interiéru může být buď pouze čerstvý, nebo může být směsí čerstvého a cirkulačního vzduchu. S cirkulací vzduchu můžeme počítat pouze tehdy, když se v odváděném vzduchu nenachází žádné toxické látky či nadměrná koncentrace škodlivin. [15]

$$V_p = V_e + V_c \quad [m^3/h]$$

kde: V_p množství přiváděného vzduchu [m³/h]

V_e množství čerstvého (venkovního) vzduchu [m³/h]

V_c množství cirkulačního vzduchu [m³/h]

Výpočet množství čerstvého vzduchu se určí jako nejvyšší hodnota z hodnot potřeby čerstvého vzduchu dle doporučené intenzity větrání, počtu osob a produkce škodlivin. Výpočet množství přiváděného vzduchu se určí podle potřeby dle tepelné zátěže při klimatizaci, nebo potřeby dle tepelné ztráty při teplovzdušném vytápění.

2.3.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu

Podle počtu osob

$$V_e = n \cdot V_{p,os} \quad [m^3/h]$$

kde: n počet osob v dané místnosti [-]

$V_{p,os}$ množství čerstvého vzduchu na osobu [m^3/h]

Podle produkce škodlivin – oxid uhličitý

$$V_e = \frac{M_{CO_2}}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) \cdot 10^{-3}} \quad [m^3/h]$$

kde: V_e potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvyšší přípustné koncentrace oxidu uhličitého [m^3/h]

M_{CO_2} produkce CO_2 v dané místnosti [l/h]

P_{max} maximální koncentrace CO_2 v interiéru [ppm]

P_{CO_2} koncentrace CO_2 v čerstvém vzduchu [ppm]

Podle produkce škodlivin – odvod vlhkosti

$$V_e = \frac{G}{\rho \cdot (x_i - x_p)} \quad [m^3/h]$$

kde: V_e potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné měrné vlhkosti v prostředí [m^3/h]

G produkce vlhkosti ve větraném interiéru [g/h]

x_i měrná vlhkost interiérového vzduchu [g/kg s.v.]

x_p měrná vlhkost čerstvého vzduchu [g/kg s.v.]

ρ měrná hmotnost vzduchu [kg/m^3]

2.3.2 Výpočet množství přiváděného vzduchu

Odvod tepelné zátěže

$$V_p = \frac{Q_{zatez}}{\rho \cdot c_v (t_i - t_p)} \quad [m^3/h]$$

Vytápění

$$V_p = \frac{Q_{ztrata}}{\rho \cdot c_v (t_p - t_i)} \quad [m^3/h]$$

kde:	V_p množství přiváděného vzduchu pro odvod tepelné zátěže nebo vytápění	$[m^3/s]$
	Q_{zatez} celková tepelná zátěž citelným teplem	$[W]$
	Q_{ztrata} celková tepelná ztráta	$[W]$
	t_i teplota interiérového vzduchu	$[^{\circ}C]$
	t_p teplota přiváděného vzduchu	$[^{\circ}C]$
	ρ měrná hmotnost vzduchu	$[kg/m^3]$
	c_v měrná tepelná kapacita vzduchu	$[J/(kg \cdot K)]$

3. Interní mikroklima

Člověk ve vnitřním prostředí v dnešní době tráví podstatnou část svého života, a proto je velice důležité, aby byl tento prostor zdravotně nezávadný a tvořil pro něj příjemné komfortní prostředí. Dle působících agencií (látky tepelného nebo látkového charakteru) lze interní mikroklima členit na oděrové, tepelné, tepelně vlhkostní, aerosolové, toxické, mikrobiální, iontové, akustické a světelné. [1], [8]

3.1 Hodnocení interního mikroklimatu

Obvyklým faktorem pro hodnocení stavu vnitřního prostředí budov pro osoby je tepelná pohoda. [1]

Mezi její ovlivňující faktory patří:

- Teplota vzduchu
- Teplota okolních ploch
- Rychlost proudění vzduchu v oblasti pobytu člověka
- Vlhkost vzduchu
- Tepelně izolační vlastnosti oděvu
- Tělesná aktivita člověka

Pro měření interního mikroklima se užívají tyto přístroje:

- Kulový teploměr – měří tepelný stav prostředí a zohledňuje vliv teploty vzduchu i sálání okolních povrchů
- Psychrometr – měří suchou a mokrou teplotu vzduchu
- Anemometr – měří rychlost a směr proudění větru

3.2 Tepelně-vlhkostní mikroklima

Aby u člověka nevznikal pocit diskomfortu, měly by se ve vnitřním prostředí dodržovat určité tepelně-vlhkostní parametry mikroklimatu.

Tabulka č. 10 – Doporučené hodnoty tepelně-vlhkostního mikroklimatu pro obytné budovy [1]

	Jednotka	Topné období	Letní období
Operativní (výsledná) teplota t_o	°C	18–24	20–28
Rychlost proudění vzduchu w	m/s	≤ 0,1	0,16–0,25
Rozdíl teplot ve výši 1,7 a 0,2 m	°C	3	3
Teplota povrchu místnosti t_p	°C	19–28	–

Relativní vlhkost se v interiéru pro letní i zimní období pohybuje v rozmezí 30 až 70 %. Vyšší relativní vlhkosti je dosahováno v letním období, naopak v zimních měsících bývá díky suchému venkovnímu vzduchu nízká. Doporučená vlhkost dle hygieniků se pohybuje v rozsahu 60 až 70 % kvůli prevenci vysychání sliznice. Vyšší vlhkost vzduchu v zimním období může způsobovat srážení vlhkosti na chladných površích a tím se vytvářejí vhodné podmínky pro vznik plísní. [1]

Tabulka č. 11 – hlavní zdroje vlhkosti v budově [1]

Zdroj vlhkosti	Produkce vodní páry
Metabolismus	50–250 g/hod/os (dle druhu činnosti)
Koupelny	700–2600 g/hod
Kuchyně	600–1500 g/hod
Sušení prádla	200–500 g/hod/5 kg

3.3 Odérové mikroklima

Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO_2 , jehož koncentrace v interiéru v bytových místnostech dle vyhlášky č. 20/2012 Sb. § 11 odstavce 5 nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. Při výpočtu přiváděného čerstvého vzduchu uvažujeme limitní hodnotu koncentrace CO_2 1200 ppm. [1], [8]

Základním jevem pro zajištění požadované kvality vzduchu ve vnitřním prostředí budovy je větrání a přívod čerstvého vzduchu do interiéru. Přívod čerstvého vzduchu je definován intenzitou větrání. Základním požadavkem pro obytné prostory dle normy ČSN EN 15 665/Z1 je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního prostředí se doporučuje intenzita větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$. Doplnujícím kritériem pro výpočet objemu venkovního vzduchu pro přívod je počet přítomných osob v dané místnosti. Systém větrání obytných budov musí rovněž zajistit odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek, zejména z místností hygienického zázemí a kuchyně. [8]

Tabulka č. 12 – Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1 [5]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

3.4 Akustické mikroklima

Topný zdroj, otopný systém nebo vzduchotechnické zařízení se může stát zdrojem nebo nositelem hluchosti v budově a jeho naměřené hodnoty hluku musí být v souladu s nařízením vlády č. 148/2006 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [1]

Tabulka č. 13 – Stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru [17]

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Hladina akustického tlaku [dB]
Hotelové pokoje	6:00 – 22:00	50
	22:00 – 6:00	40

3.5 Mikrobiální mikroklima

Mikrobi jsou bakterie, viry, plísně a jejich spory a další mikrobiologické objekty vyskytující se ve vzduchu. Nevyhovující mikrobiální mikroklima je jedním z typických znaků syndromu nemocných budov (SBS). Lidé pobývajících v moderních, lehkých klimatizovaných budovách jsou dle statistiky mnohem častěji vystaveni nemocem, jako je rýma, chřipka atd. Nejčastěji to jsou budovy se vzduchotechnikou s vysokým podílem cirkulačního vzduchu. [1], [8]

Zdrojem mikrobů je člověk sám, od kterého se původci infekcí dostávají do vzduchu ve vnitřním i venkovním prostředí. Vzduchotechnické zařízení musí být správně udržováno čištěním a včasnou výměnou filtrů. Dále v něm nesmí docházet ke kondenzaci vodních par, která vede k tvorbě mikrobů. Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí s výjimkou prostorů vyžadující zvýšené nároky na jeho čistotu se pokládají za splněné, pokud koncentrace bakterií nepřekročí 500 kolonií mikrobů na m³ vzduchu. [1], [8]

3.6 Ionizační mikroklima

Složka mikroklimatu tvořená zářením, které produkují radioaktivní látky zejména uran, jehož rozpadem vzniká radon. Uran se vyskytuje ve stopovém množství v zemské kůře. V interiéru novostavby by podle vyhlášky č. 184/1997 Sb. koncentrace neměla překročit 100 Bq/m³. Opatřením může být zesílení přirozeného větrání a při vysoké koncentraci může vést až po vyloučení delšího pobytu osob v objektu. [1]

3.7 Aerosolové mikroklima

Aerosolové mikroklima vytváří pevné a kapalně částice ve vzduchu a má bezprostřední vztah k čistotě vzduchu. Pevným aerosolem v ovzduší je prach organického (roztoči, pyly) nebo anorganického původu. Nebezpečný je respirabilní aerosol, který se díky své velikosti o 0,1 až 2,5 μm dostává do plic. Největší riziko přinášejí aerosolové částice v rozmezí 0,3 až 0,9 μm (prach, pyly, zvířecí alergeny, výfukové plyny, výpary z kopírek), které se usazují v průduškách a nesnadno se vydechují. V následující tabulce jsou uvedeny hlavní zdroje produkce a produkované škodliviny v budovách. [1]

Tabulka č. 14 – Zdroje a produkované škodliviny v budovách [1]

Zdroj škodlivin		Produkované škodliviny
Člověk	Látková výměna	CO ₂ , vodní pára, pachy
	Činnost člověka	Tabákový kouř, čisticí prostředky, prachové částice, chov domácích zvířat – srst
Stavební hmoty a vybavení	Dřevotříska	Aldehydy
	Plynový sporák	N ₂ O, CO
	Izolační hmoty	Aldehydy, azbest
	Nátěrové hmoty	Rozpouštědla, těžké kovy
	Vysoká vzdušná vlhkost	Spóry hub a plísní, roztoči

4. Varianty zdrojů otopných systémů pro obytná zařízení

Výkon zdroje tepla otopných systémů musí být navržen pro pokrytí tepelných ztrát daného objektu a dále také pro ohřev teplé vody. U objektů, jako jsou obytná zařízení, může být tento výkon značný. Velkou roli dále mají pořizovací a provozní náklady, životnost, regulovatelnost a provozuschopnost systému, a proto se nám ekonomický výběr vhodného zdroje tepla zužuje. V současné době je kladen veliký nárok na energetickou úspornost budovy. Je velice efektivní kombinovat více zdrojů tepla. Jejich spojením získáme výhody obou zdrojů. Jako příklad můžeme uvažovat kombinaci plynového kondenzačního kotle se zapojením přes zásobník tepla, na který budou napojeny solární kolektory. Využitím solární energie, kterou můžeme čerpat pomocí solárních kolektorů, si zmenšíme potřebnou energii pro ohřev teplé vody.

4.1 Kotle

Nejčastějším zdrojem tepla pro systém ústředního vytápění je kotel, ve kterém se díky spalování paliva ohřívá teplonosná látka. Volba typu kotle ovlivňuje druh paliva, možnosti jeho umístění, řešení přívodu vzduchu a odvodu spalin a požadavky na provoz a jeho regulaci. [2]

Dělení kotlů podle druhu paliva:

- Kotle na plynná paliva – zemní plyn, propan-butan
- Kotle na kapalná paliva – topné oleje
- Kotle na tuhá paliva – černé uhlí, hnědé uhlí, koks, dřevo
- Elektrokotle

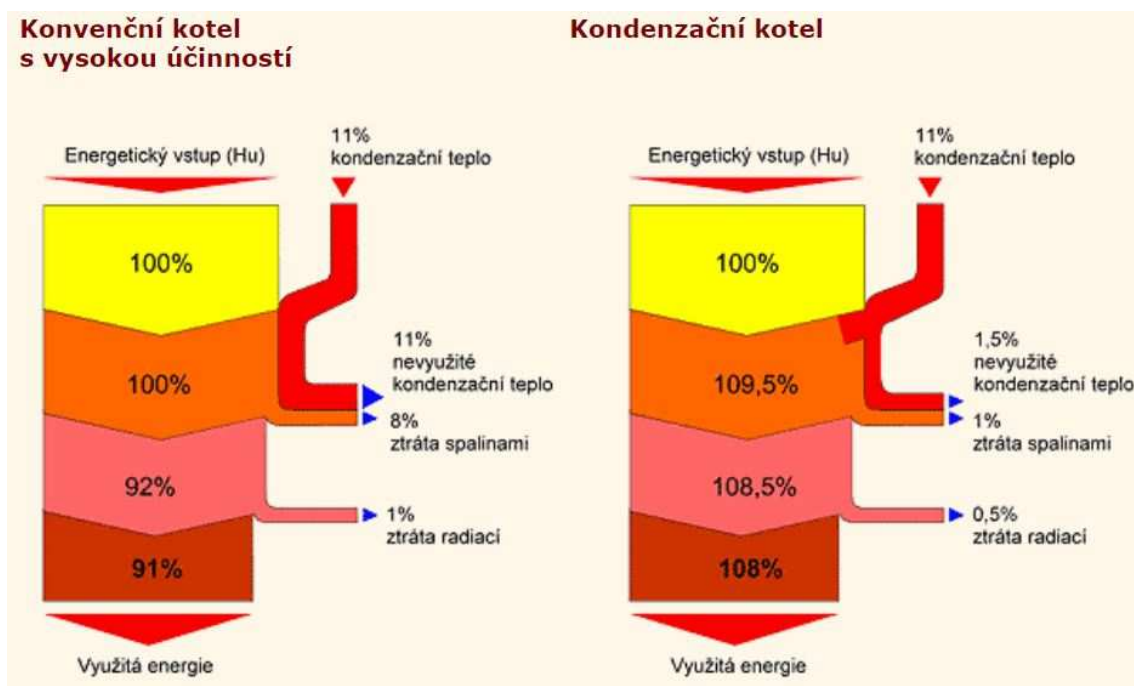
Plynové kotle

Dělení kotlů podle možného způsobu provozu:

- Klasické – teplota zpětné vody nemá poklesnout pod 60 °C
- Nízkoteplotní – teplota vody na kotli nesmí poklesnout pod 50/40 °C
- Kondenzační – teplota vody na kotli může poklesnout pod 50/40 °C

Od září 2015 je v rámci Evropské unie ukončena výroba a zákaz prodeje plynových kotlů s nižší účinností než 86%. Toto nařízení se týká plynových kotlů do

70 kW. Kondenzační kotle svou vysokou účinností tuto podmínku splňují a jsou tím pádem ekonomicky úspornější a zároveň šetrnější k životnímu prostředí. Tento zdroj tepla nám za trvalé dodávky plynu zaručuje spolehlivé dodání potřebného výkonu s možnou vysokou výstupní teplotou. Výhodou plynového kotle je nižší pořizovací cena, menší požadavky na prostor instalovaných zařízení a snadná regulovatelnost potřebného výkonu. [7]



Obrázek č. 1: Porovnání účinnosti klasického a kondenzačního plynového kotle [3]

Výhody plynových kotlů:

- Malé rozměry
- Tichý provoz
- Vysoká účinnost
- Středně velké počáteční investice

Nevýhody plynových kotlů:

- Nutnost odvodu spalin a přívod spalovacího vzduchu
- Plynová přípojka

Kotle na kapalná paliva

Kotle na kapalná paliva se osazují v případě, že neexistuje možnost připojení na inženýrské sítě a zároveň je neekonomické topit pevnými palivy. Kapalným palivem je nejčastěji lehký topný olej (LTO). Tento způsob vytápění však vyžaduje nákladné investice do bezpečného zásobníku tekutého paliva.[7]

Výhody:

- Vysoká účinnost
- Větší počáteční investice
- Nezávislost na inženýrských sítích

Nevýhody:

- Nutnost odvodu spalin a přívod spalovacího vzduchu
- Vysoké provozní náklady
- Nutnost plnění zásobníku olejem

Kotle na tuhá paliva

Dělení kotlů podle druhu spalovaného materiálu:

- Kotle na hnědé a černé uhlí
- Kotle na dřevo a dřevní hmoty
- Kotle na biomasu

Dělení kotlů podle přísunu paliva na rošt:

- Ruční
- Automatické – palivo se samo doplňuje

Dělení kotlů podle způsobu spalování:

- Prohořivací kotel – spaliny procházejí přes vrstvu paliva
- Odhořivací kotel – spaliny neprocházejí přes vrstvu paliva

Kotle na tuhá paliva mají vysoké emise a k jejich snížení je potřebné zajistit co nejlepší a řízený proces spalování. Zplyňovací kotel je druh kotle s ručním přikládáním, ve kterém je vyšší úrovně spalování docíleno řízeným přísunem spalovacího vzduchu ventilátorem. [2]

Tabulka č. 15 – Základní dělení kotlů na pevná paliva podle technologie spalování [2]

	hnědé uhlí	dřevní pelety	nedřevní pelety	kusové dřevo
emise CO [mg/m ³] při referenčních 10 % O ₂				
automatický	200–1000	100–600	300–4000	–
zplyňovací	200–7000	–	–	200–6000
odhořivací	5000–15000	–	–	4000–15000
prohořivací	20000–30000	–	–	5000–25000
emise TZL [mg/m ³] při referenčních 10 % O ₂				
automatický	10–80	10–100	30–150	–
zplyňovací	30–150	–	–	20–150
odhořivací	50–200	–	–	50–250
prohořivací	200–300	–	–	50–350
účinnost [%]				
automatický	75–85	80–90	75–85	–
zplyňovací	70–80	–	–	75–85
odhořivací	60–75	–	–	60–75
prohořivací	40–60	–	–	55–65

Výhody kotlů na tuhá paliva:

- Nezávislost na inženýrských sítích
- Nižší provozní a investiční náklady

Nevýhody kotlů na tuhá paliva:

- Nutnost odvodu spalin a přívod spalovacího vzduchu
- Obtížná regulace a nutná stálá obsluha
- Vysoké emise

Elektrokotle

Vytápění elektrickou energií je bezpečné, regulovatelné, ekologicky nezávadné a má vysokou účinnost (až 99%). Pro fungování kotle je nutné zajistit napojení kotle na samostatný elektrický obvod s dostatečným jištěním. [7]

Dělení elektrokotlů:

- Přímotopné – elektrický příkon kopíruje okamžitou potřebu tepla
- Akumulační – kotel se v době snížené sazby elektrické energie provádí akumulaci tepla v tzv. akumulační nádrži

Výhody elektrokotlů:

- Nezávislost na inženýrských sítích
- Bez emisí
- Bez odvodu spalin a přívodu

Nevýhody elektrokotlů:

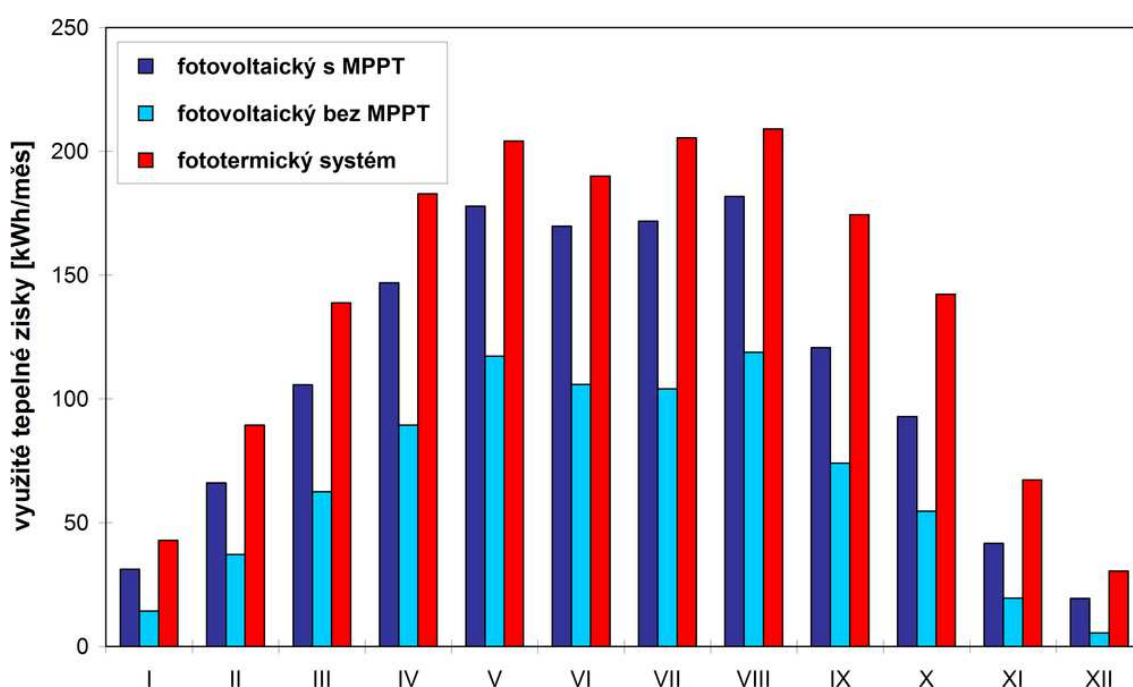
- Velmi vysoké provozní náklady
- Nižší účinnost v porovnání s kondenzačním kotlem

4.2 Fototermické kolektory

Sluneční fototermické kolektory jsou vhodným doplňkovým zdrojem tepla. Využívají teplo získané ze slunečního záření a dokážou pokrýt až 60 % celkové roční potřeby tepla pro ohřev TUV. [4]

Dělení kolektorů:

- Trubicové – malá tepelná ztráta, nesnižuje se účinnost při snížených teplotách exteriéru, dražší
- Ploché – jednodušší konstrukce, dobrý poměr cena/výkon, nižší účinnost



Obrázek č. 2: Průběh zisků fototermických kolektorů během roku [4]

Výhody:

- Ekologický zdroj tepla
- Nízké provozní a investiční náklady

Nevýhody:

- Závislost na intenzitě slunečního záření
- Pouze částečné pokrytí potřeby tepla

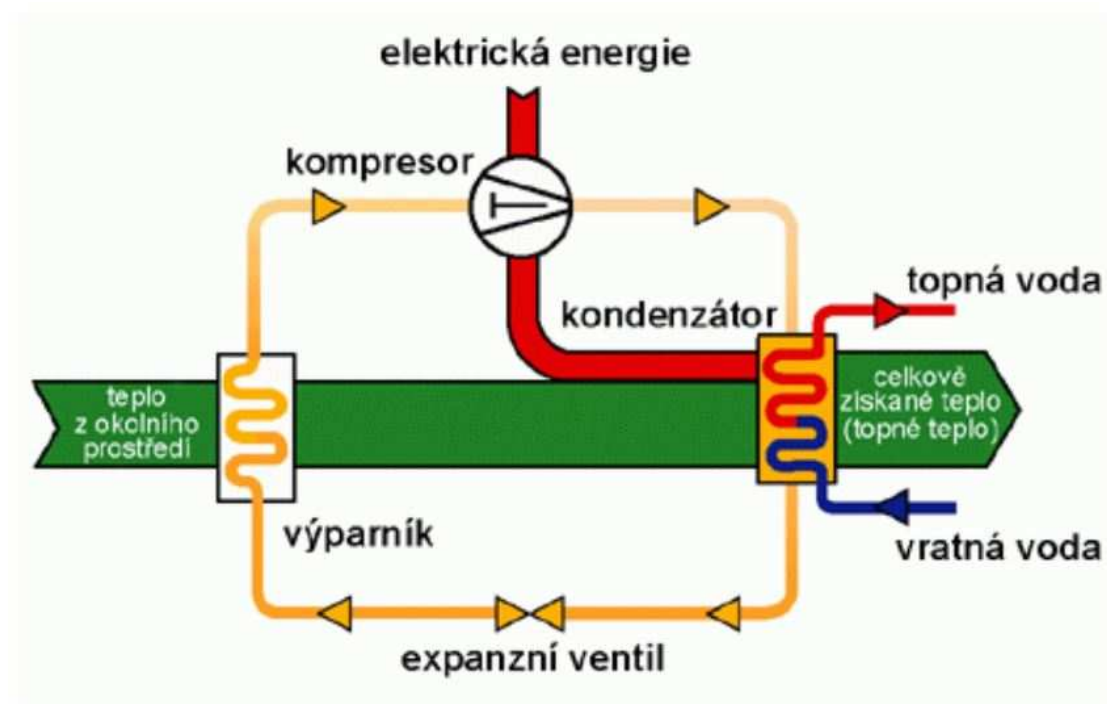
4.3 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie, jelikož umožňují odebírat teplo z okolního prostředí, převádět ho na vyšší teplotní hladinu a dále jej využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody. Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu je však třeba dodat určité množství energie. [6], [7]

Dělení tepelných čerpadel dle typu:

- Vzduch/voda
- Země/voda s horizontálním výměníkem
- Země/voda se svislým zemním vrtem
- Voda/voda

Tepelná čerpadla typu země/voda mají výhodu oproti čerpadlům vzduch/voda tu, že v našich klimatických podmínkách u nich v zimě nedochází ke snižování topného faktoru (COP), tím pádem se nezvyšuje ani spotřeba elektřiny. V klimatických podmínkách střední Evropy mají vzduchová tepelná čerpadla v průměru o 25 až 35 % vyšší spotřebu elektřiny než tepelná čerpadla typu země/voda. Systémy vzduch/voda se nejvíce využívají ve státech kde je teplejší klima. [6], [7]



Obrázek č. 3: Schéma tepelného čerpadla [6]

Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda

Výhody:

- Menší počáteční investice
- Možnost změny umístění

Nevýhody:

- Nutno řešit odtávání námrazy na výparníku
- Podstatně vyšší provozní náklady v zimě (horší COP)

Tepelné čerpadlo typu země/voda s horizontálním výměníkem

Výhody:

- Téměř stálé podmínky (dobré COP)
- Levnější než provedení s vrtem

Nevýhody:

- Potřeba větší plochy pro instalaci horizontálního výměníku
- Větší počáteční investice

Tepelné čerpadlo typu země/voda se svislým zemním vrtem

Výhody:

- Stálé podmínky (dobré COP)
- Možnost pasivního chlazení

Nevýhody:

- Velká počáteční investice

Tepelné čerpadlo typu voda/voda

Výhody:

- Stálé pracovní podmínky (vyšší COP)

Nevýhody:

- Výskyt vhodných nízkopotenciálních zdrojů tepla

5. Teplovzdušné vytápění

Teplovzdušné vytápění se stará o nucenou výměnu vzduchu dle hygienických požadavků, filtraci přiváděného a odváděného vzduchu a o částečné nebo celkové pokrytí tepelných ztrát objektu. Lze jej rozdělit na teplovzdušné vytápění centrální a místní. Při centrálním teplovzdušném vytápění se jednotka nachází v technické místnosti, kde se přivedený venkovní vzduch zahřeje na požadovanou teplotu a tento vzduch je dále distribuován do vytápěných místností. U místního teplovzdušného vytápění se jednotka nachází přímo ve vytápěné místnosti. Vytápění je zajištěno

přívodním vzduchem o teplotě vyšší, než má vzduch ve vytápěném prostoru. Systém teplovzdušného vytápění charakterizuje sestava a skladba zařízení, objemové průtoky vzduchu a také provoz a regulace. Základními prvky systémů teplovzdušného vytápění jsou vytápěcí jednotky, distribuční koncové elementy a vzduchovody. [7], [8]

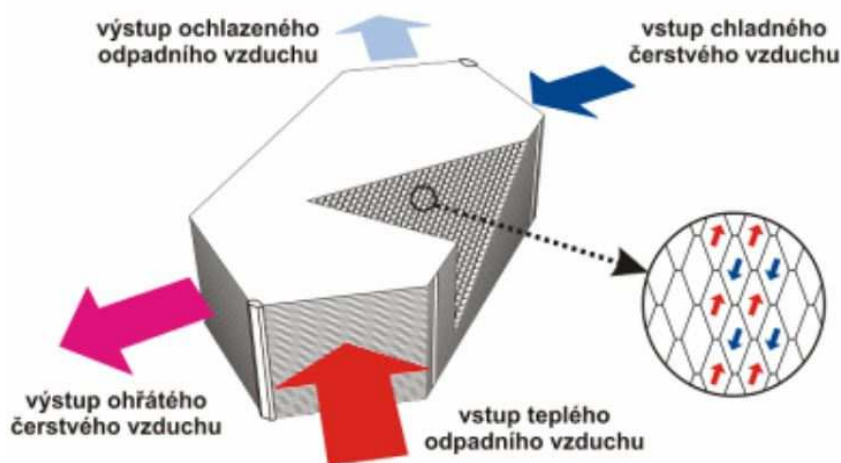
5.1 Výměník ZZT

V současné době je kladen veliký nárok na minimalizaci energetické náročnosti budovy, a tak se vzduchotechnické jednotky opatřují výměníkem pro zpětné získávání tepla – ZZT. Toto zařízení využívá teplo odváděného znehodnoceného vzduchu a na principu konvekce bez či se skupenskými změnami vrací energii zpět do přiváděného vzduchu. [12]

Dělení výměníků pro ZZT:

- Rekuperační výměníky - deskové výměníky, výměníky z tepelných trubíc, oddělené výměníky s vloženým kapalinovým okruhem
- Regenerační výměníky – rotační výměníky, přepínací výměníky

Díky jednoduchosti výroby, malým nákladům a poměrně velké účinnosti se v současnosti ve vzduchotechnických jednotkách nejvíce využívají šestiúhelníkové deskové rekuperační výměníky. Výhodou u deskových rekuperačních výměníků je to, že v nich může docházet ke kondenzaci, čímž se zvyšuje účinnost rekuperace. Další výhodou deskového výměníku je, že bezpečně odděluje přiváděný a odváděný vzduch. [12]



Obrázek č. 4: Protiproudý šestiúhelníkový rekuperátor [12]

Závěr

Podle vstupních parametrů byly pro zadaný objekt vypočítány tepelné ztráty, tepelné zisky a dále byl proveden výpočet potřeby vzduchu. Při výpočtu byla zohledněna tepelně technická kritéria pro vnější a vnitřní prostředí a dále také požadavky na interní mikroklima. Na základě těchto požadavků byl objekt rozdělen do sedmi zón, dle kterých bylo navrženo teplovzdušné vytápění. Systém teplovzdušného vytápění se skládá z několika vzduchotechnických jednotek, které zajišťují vytápění, chlazení a přívod čerstvého vzduchu do objektu. Každá vzduchotechnická jednotka obsluhuje svou zónu. Systém je navržen včetně vhodné varianty zdroje otopného systému. Dle tohoto návrhu byla zpracována projektová dokumentace pro systém vytápění a vzduchotechniky v podrobnosti dokumentace pro provádění stavby.

Navržený systém vytápění lze považovat nejen za vhodné, elegantní a moderní řešení, ale zejména za ekonomicky výhodné s důrazem na optimalizaci investičních nákladů. Předností systému je to, že se dokáže téměř bezobslužně regulovat dle potřeby uživatelů a dle obsazenosti jednotlivých pokojů. Systém je vybaven výměníky pro zpětné získávání tepla, které značně zmenší tepelnou ztrátu objektu, což je dokladováno provedenými výpočty.

Seznam použitých zdrojů

Literatura a elektronické zdroje:

- [1] JELÍNEK, Vladimír a Vladimíra LINHARTOVÁ. Interní mikroklima v bytových domech. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11888-interni-mikroklima-v-bytovych-domech>
- [2] Jak vybírat nový kotel na pevná paliva. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [3] NEFIT - Výpočet úspor. *NEFIT - Výpočet úspor* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: http://www.nefit.cz/nefit_vypocet_ustor.htm
- [4] Porovnání solárního fototermického a fotovoltického ohřevu vody. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/11103-porovnani-solarniho-fototermickeho-a-fotovoltickeho-ohrevu-vody>
- [5] Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1 [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [6] Princip tepelného čerpadla. *Tzb.fsv.cvut.cz* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/podklady/vyt/tepcerp/>
- [7] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 3., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2005. Stavíme. ISBN 80-736-6016-4.
- [8] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-736-6027-X.
- [9] HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *Vzduchotechnika v příkladech*. 2006. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-720-4486-9.
- [10] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

- [11] *Tepelný zisk* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/tb2a_tepelny-zisk.pdf
- [12] Zpětné získávání tepla a větrání objektů. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- [13] JELÍNEK, Vladimír a Vladimíra LINHARTOVÁ. Vstupní parametry pro návrh interního mikroklimatu. *Tzb-info* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11927-vstupni-parametry-pro-navrh-interniho-mikroklimatu>

Normy a směrnice:

- [14] ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [15] ČSN EN 15 665/Z1 *Požadavky na větrání obytných budov* Praha:Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [16] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985.
- [17] ČSN 12 7010 *Navrhování větracích a klimatizačních zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [10]

Tabulka č. 2 – Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku [10]

Tabulka č. 3 – Vnitřní výpočtové teploty a doporučené relativní vlhkosti vzduchu [13]

Tabulka č. 4 – Teplota přilehlé zeminy [13]

Tabulka č. 5 – Kategorizace vnitřního prostředí [13]

Tabulka č. 6 – Teplotní rozsahy v místnostech obytných budov dle ČSN EN 15 251 [13]

Tabulka č. 7 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} 18 až 22 °C včetně [13]

Tabulka č. 8 – Intenzity sluneční radiace [11]

Tabulka č. 9 – Tabulka stínících součinitelů [11]

Tabulka č. 10 – Doporučené hodnoty tepelně-vlhkostního mikroklimatu pro obytné budovy [1]

Tabulka č. 11 – Hlavní zdroje vlhkosti v budově [1]

Tabulka č. 12 – Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1 [5]

Tabulka č. 13 - Stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru [17]

Tabulka č. 14 – Zdroje a produkované škodliviny v budovách [1]

Tabulka č. 15 – Základní dělení kotlů na pevná paliva podle technologie spalování [2]

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Porovnání účinnosti klasického a kondenzačního plynového kotle [3]

Obrázek č. 2: Průběh zisků fototermických kolektorů během roku [4]

Obrázek č. 3: Schéma tepelného čerpadla [6]

Obrázek č. 4: Protiproudý šestiúhelníkový rekuperátor [12]

Seznam příloh

Výpočtová dokumentace

- Pasportizace objektu
- Výpočet tepelných ztrát
- Výpočet tepelných zisků
- Hmotnosti konstrukcí
- Stanovení objemové výměny vzduchu
- Souhrn výpočtu potřeby vzduchu
- Návrh distribučních prvků
- Výpočet dimenze potrubí a tlakových ztrát
- Vzduchotechnické schéma a h-x diagram VZT jednotek
- Výpočet potřeby tepla a návrh zdroje pro daný objekt

Výkresová dokumentace

- Technická zpráva – teplovzdušné vytápění
 1. Půdorys 1.NP, 2.NP, 3.NP
 2. Zimní pasportizace objektu
 3. Letní pasportizace objektu
 4. Zónování objektu
 5. Vzduchotechnika 1.NP, 2.NP, 3.NP
 6. Výkres technické místnosti - VZT
 7. Výkres hotelového pokoje – VZT

Technické listy

- Technické listy použitých zařízení
- Technické listy vzduchotechnických jednotek
- Technické listy tvarovek VZT potrubí
- Technické listy distribučních prvků